



De onderzoeksgroep

## Elementary Particle Physics

nodigt u graag uit op de openbare verdediging van het  
proefschrift van

# Sam Junius

ter behaling van de graad van Doctor in de Wetenschappen

Titel van het proefschrift:

**Searching for feebly interacting Dark Matter at  
Colliders and Beam Dump Experiments**

Promotors:

**Prof. dr. Laura Lopez Honorez (ULB)**

**Prof. dr. Alberto Mariotti (VUB)**

De verdediging heeft plaats op

**Vrijdag 16 december 2022 om 16u in  
auditorium I.0.02**

Dit evenement wordt uitgezonden via [Teams](#)

### Samenstelling van de jury

Prof. dr. Steven Lowette (VUB, voorzitter)

Prof. dr. Thomas Hambye (ULB, secretaris)

Dr. Suchita Kulkarni (University of Graz)

Prof. dr. Felix Kahlhoefer (Karlsruhe Institute  
of Technology)

### Curriculum vitae

In 2018 behaalde Sam zijn master diploma in de fysica en sterrenkunde aan de VUB. Daarna kreeg hij het aanbod om het werk dat hij begonnen was voor zijn master thesis voort te zetten als doctoraatsstudent aan de VUB in samenwerking met de ULB. Tijdens dit doctoraat publiceerde hij drie artikles in *peer-reviewed* internationale tijdschriften en presenteerde dit werk op meerdere internationale conferenties. Ook gaf hij les als assistent en begeleidde hij een bachelor en master student bij het schrijven van hun thesis.

### Abstract van het doctoraatsonderzoek

Ondanks de overweldigende hoeveelheid bewijs voor het bestaan van donkere materie in ons universum, blijft de exacte waarheid achter donkere materie één van de belangrijkste open vragen in de moderne fysica. Vele pogingen zijn gewaagd om één van de populairste kandidaten voor donkere materie, het 'Weakly Interacting Massive Particle' of WIMP deeltje, te detecteren. Ondanks de vele experimenten die zijn uitgevoerd, werd het WIMP deeltje nooit gedetecteerd. Hierdoor zijn vele WIMP modellen uitgesloten waardoor er slechts een gelimiteerd aantal WIMP kandidaten over blijven. De fysica gemeenschap is daarom op zoek gegaan naar potentiële alternatieven voor het WIMP paradigma.

Een nieuwe kandidaat voor donkere materie die de laatste jaren onder de aandacht kwam is het 'Feebly Interacting Massive Particle' of FIMP deeltje. In tegenstelling tot het WIMP deeltje, dat geproduceerd wordt door het 'freeze-out' mechanisme waarvoor het WIMP deeltje sterke interacties nodig heeft met deeltjes uit het standaard model, heeft het FIMP deeltje zeer zwakke interacties met die deeltjes. Daarom kan het FIMP deeltje niet geproduceerd worden door het 'freeze-out' mechanisme. Er zijn echter vele alternatieve mechanismes, zoals bijvoorbeeld het 'freeze-in' of 'conversion driven freeze-out' mechanisme, die FIMP deeltjes in de correcte hoeveelheden produceren om alle donkere materie dat we waarnemen in ons universum te verklaren. In dit werk zal een selectie van deze mechanismes in detail besproken worden.

Aangezien de FIMP deeltjes zo zwak interageren met deeltjes uit het standaard model, is het moeilijk om deze te detecteren via conventionele directe en indirecte donkere materie experimenten. De kleine koppelingen zorgen er echter voor dat in modellen met FIMP deeltjes als kandidaten voor donkere materie, deeltjes die enkel interageren met de donkere materie vaak een lange vervaltijd hebben. Het detecteren van zo een deeltjes kan dus ook wijzen op het bestaan van FIMP deeltjes. Deze thesis zal daarom focussen op onderzoeken naar deeltjes met een lange vervaltijd in zowel hadron versnellers als zogenoemde 'beam-bump' experimenten. Om dit te doen stellen we een classificatie voor voor FIMP modellen waarin we de verschillende productie mechanismes identificeren om de parameters te bepalen die de correcte hoeveelheid donkere materie voorspellen. Hierdoor kunnen we bestaande of potentieel nieuwe onderzoeken toepassen op bepaalde modellen uit onze classificatie.